



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2003092426 A**(43) Date of publication of application: **28.03.03**

(51) Int. Cl.

**H01L 33/00**(21) Application number: **2001284113**(71) Applicant: **NICHIA CHEM IND LTD**(22) Date of filing: **18.09.01**(72) Inventor: **YAMADA MOTOKAZU**

(54) **NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR LIGHT  
EMITTING ELEMENT AND ITS  
MANUFACTURING METHOD**

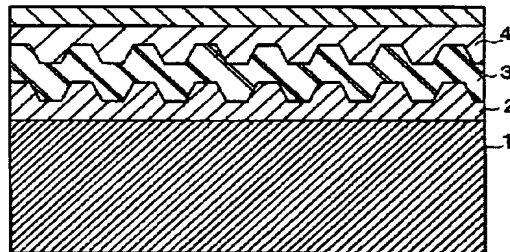
thereby raising the light emission efficiency.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve the emission efficiency of a nitride compound semiconductor light emitting element.

**SOLUTION:** The nitride compound semiconductor light emitting element comprises a substrate, at least two semiconductor layers made of a different material from the substrate, and a light emitting region 3 containing at least In, and these form a laminate structure. An n-type GaN layer 2A is grown on the substrate and etched to form a plurality of steps 5 in its c-axis direction, and light emitting regions grown on the n-type GaN layer 2A such that each step is shaped with a constitution surface approximately parallel to the A-plane of the light emitting region, as seen from the C-plane of the semiconductor layer, and gallium nitride is grown in the a-axis direction to form a taper slope on the step. Irregularities are formed on the light emitting regions to increase the light emitting region per unit area,



Best Available Copy

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-92426

(P 2 0 0 3 - 9 2 4 2 6 A)

(43) 公開日 平成15年3月28日 (2003. 3. 28)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

H01L 33/00

識別記号

F I

H01L 33/00

テーマコード (参考)

C 5F041

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全7頁)

(21) 出願番号 特願2001-284113 (P 2001-284113)

(22) 出願日 平成13年9月18日 (2001. 9. 18)

(71) 出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72) 発明者 山田 元量

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(74) 代理人 100104949

弁理士 豊栖 康司 (外1名)

Fターム(参考) 5F041 AA03 CA05 CA10 CA23 CA34

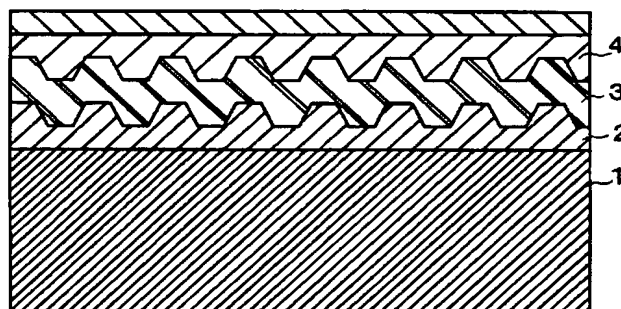
CA40 CA46 CA65 CA74 CA75

(54) 【発明の名称】 窒化物系化合物半導体発光素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 窒化物系化合物半導体発光素子の発光効率を改善させる。

【解決手段】 窒化物系化合物半導体発光素子は基板と、基板と異なる材料よりなる少なくとも2層の半導体層と、少なくともInを含んだ発光領域3を備え、これらを積層構造に成膜している。基板上にn型GaN層2Aを成長させ、このn型GaN層をエッチングし、そのc軸方向に対し複数の段差部5を設けて、n型GaN層上に発光領域を成長させる。段差部の形状が半導体層のC面から見たとき発光領域のA面と略平行な面を構成面とするように成長させ、かつ窒化ガリウムをa軸の方向に成長させることにより、段差部にテーパ状の斜面を設ける。発光領域に凹凸を設けて単位面積当たりの発光領域を増やし、発光効率を上げる。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板(1)と、前記基板(1)と異なる材料よりなる少なくとも 2 層の半導体層と、発光領域(3)を備え、これらを積層構造に成膜した窒化物系化合物半導体発光素子において、

前記発光領域(3)は量子井戸構造を有し少なくとも In を含んでおり、かつその c 軸方向に対し少なくとも一の段差部(5)を形成していることを特徴とする窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 2】 前記発光領域(3)に設けられた前記段差部(5)がほぼ同様のパターンを繰り返す形状であることを特徴とする請求項 1 記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 3】 前記発光領域(3)の段差部(5)の形状が、前記半導体層の C 面から見たとき発光領域(3)の A 面と略平行な面を構成面とすることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 4】 前記発光領域(3)の段差部(5)のパターンが正三角形または正六角形であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 5】 前記発光領域(3)の段差部(5)を構成する正三角形または正六角形の各辺が、前記半導体層の A 面に略平行であることを特徴とする請求項 4 記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 6】 前記段差部(5)の段差が  $50 \text{ \AA} \sim 1 \mu\text{m}$  であることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 7】 前記段差部(5)の平面における大きさが  $1 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$  であることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれかに記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 8】 前記半導体層が III-V 族半導体であることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれかに記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 9】 前記半導体層が InGaN 系半導体であることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれかに記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 10】 上記基板(1)がサファイア、炭化珪素、またはスピネルのいずれかであることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれかに記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 11】 上記基板(1)が C 面 (0001) サファイア基板であることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれかに記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 12】 前記窒化物系化合物半導体発光素子が発光ダイオードであることを特徴とする請求項 1 から 11 のいずれかに記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 13】 基板(1)と、前記基板(1)と異なる材料よりなる少なくとも 2 層の半導体層と、少なくとも In

2

を含んだ発光領域(3)を備え、これらを積層構造に成膜した窒化物系化合物半導体発光素子の製造方法において、

基板(1)上に n 型 GaN 層(2A)を成長させる工程と、前記 n 型 GaN 層(2A)をエッチングし、その c 軸方向に対し複数の段差部(5)を設ける工程と、

前記 n 型 GaN 層(2A)上に発光領域(3)を成長させる工程とを備え、

前記段差部(5)の形状が前記半導体層の C 面から見たとき前記発光領域(3)の A 面と略平行な面を構成面とするように成長させ、かつ窒化ガリウムを a 軸の方向に成長させることにより、前記段差部(5)にテーパ状の斜面を設けることを特徴とする窒化物系化合物半導体発光素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、発光効率を改善した窒化物系化合物半導体発光素子およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体発光素子は、各分野での応用が期待されており、近年盛んに研究開発が進められている。特に窒化物系の半導体素子は、例えば発光ダイオード(LED)、レーザダイオード(LD)、太陽電池、光センサなどの発光素子、受光素子、あるいはトランジスタ、パワーデバイスなどの電子デバイスに使用されている。

【0003】このような半導体発光素子を得るために、窒化物系化合物半導体(一般式として  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ,  $0 \leq x$ ,  $0 \leq y$ ,  $x+y \leq 1$  で表される)を基板上に成長させたものを使用する。窒化物系化合物半導体発光素子は、基板に発光領域となる活性層をエピタキシャル成長させ、さらに電極などを設けている。図 1 に、窒化物系化合物半導体発光素子の一例として、LED の断面構造を示す。この図に示す発光素子は、基板 1 上に n 型半導体層 2、発光領域 3、p 型半導体層 4 を積層している。この発光素子は、pn 接合の発光領域 3 で発光させる。

【0004】窒化物系化合物半導体発光素子は、一般に基板上にエピタキシャル成長させて製造する。このような窒化物系化合物半導体発光素子では、積層構造を原子レベルで制御する関係上、基板の平坦性はほぼ鏡面のレベルに製造されている。そして基板に平行に発光領域が設けられる。

【0005】窒化物系化合物半導体発光素子の特徴として、発光領域への注入電子密度が増加すると、発光効率が低下する。図 2 は、エピタキシャル成長させて製造した発光素子として LED の入出力の関係を示すグラフである。このグラフは横軸に入力電流を、縦軸に発光出力をとっている。この図に示すように、電流が大きくなる

につれて、当初上昇していた出力は、徐々に勾配が鈍くなっていく。すなわち、電流値が上がると出力の上昇が悪くなり、発光効率が悪くなることが判る。

【0006】発光効率を改善するために、発光領域をマルチ化させた多重量子井戸構造 (Multiple Quantum Well: MQW) が一般に利用されている。MQW構造は、ヘテロ接合の一種で、井戸層と呼ばれる境界層に電子を閉じ込めることができる。例えば、バンドギャップの小さな井戸層をバンドギャップの大きい障壁層で挟むと、伝導帯の電子は障壁層の高い障壁ポテンシャルのために井戸層に閉じ込められ、面垂直方向の運動が量子化される。量子井戸に作られた電子-正孔ペアは2次元的な励起子を形成する。この量子井戸励起子は、バルク結晶に比べて束縛エネルギーと振動子強度が大きく、室温でも安定に存在し、量子井戸レーザーなどにも応用されている。発光領域に量子井戸構造を利用すると、発振波長が鋭くなり、発光効率も向上する。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、MQW構造のペアを増やすと、駆動電圧が上がるという弊害を生じる。さらにペア数を増やしたとしても、キャリアの拡散長による限界がある。このように、MQW構造だけでは発光効率の十分な改善を得ることができなかった。

【0008】本発明は、このような状況において開発されたものであり、本発明の主な目的は、窒化物系化合物半導体発光素子の発光効率を改善することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1に記載される窒化物系化合物半導体発光素子は、基板1と、前記基板1と異なる材料よりなる少なくとも2層の半導体層と、発光領域3を備え、これらを積層構造に成膜している。この窒化物系化合物半導体発光素子は、前記発光領域3が量子井戸構造を有し少なくともInを含んでおり、かつそのc軸方向に対し少なくとも一の段差部5を形成していることを特徴とする。

【0010】また、本発明の請求項2に記載される窒化物系化合物半導体発光素子は、請求項1に記載される特徴に加えて、前記発光領域3に設けられた前記段差部5がほぼ同様のパターンを繰り返す形状であることを特徴とする。

【0011】さらに、本発明の請求項3に記載される窒化物系化合物半導体発光素子は、請求項1または2に記載される特徴に加えて、前記発光領域3の段差部5の形状が、前記半導体層のC面から見たとき発光領域3のA面と略平行な面を構成面とすることを特徴とする。

【0012】さらにまた、本発明の請求項4に記載される窒化物系化合物半導体発光素子は、請求項1から3のいずれかに記載される特徴に加えて、前記発光領域3の段差部5が正三角形または正六角形であることを特徴とする。

【0013】さらにまた、本発明の請求項5に記載される窒化物系化合物半導体発光素子は、請求項4に記載される特徴に加えて、前記発光領域3の段差部5を構成する正三角形または正六角形の各辺が、前記半導体層のA面に略平行であることを特徴とする。

【0014】さらにまた、本発明の請求項6に記載される窒化物系化合物半導体発光素子は、請求項1から5のいずれかに記載される特徴に加えて、前記段差部5の段差が50Å～1μmであることを特徴とする。

【0015】さらにまた、本発明の請求項7に記載される窒化物系化合物半導体発光素子は、請求項1から6のいずれかに記載される特徴に加えて、前記段差部5の平面における大きさが1μm～100μmであることを特徴とする。

【0016】さらにまた、本発明の請求項8に記載される窒化物系化合物半導体発光素子は、請求項1から7のいずれかに記載される特徴に加えて、前記半導体層がIII-V族半導体であることを特徴とする。

【0017】さらにまた、本発明の請求項9に記載される窒化物系化合物半導体発光素子は、請求項1から8のいずれかに記載される特徴に加えて、前記半導体層がInGaN系半導体であることを特徴とする。

【0018】さらにまた、本発明の請求項10に記載される窒化物系化合物半導体発光素子は、請求項1から9のいずれかに記載される特徴に加えて、上記基板1がサファイア、炭化珪素、またはスピネルのいずれかであることを特徴とする。

【0019】さらにまた、本発明の請求項11に記載される窒化物系化合物半導体発光素子は、請求項1から9のいずれかに記載される特徴に加えて、上記基板1がC面(0001)サファイア基板であることを特徴とする。

【0020】さらにまた、本発明の請求項12に記載される窒化物系化合物半導体発光素子は、請求項1から11のいずれかに記載される特徴に加えて、前記窒化物系化合物半導体発光素子が発光ダイオードであることを特徴とする。

【0021】さらにまた、本発明の請求項13に記載される窒化物系化合物半導体発光素子の製造方法は、基板1と、前記基板1と異なる材料よりなる少なくとも2層の半導体層と、少なくともInを含んだ発光領域3を備え、これらを積層構造に成膜する。この製造方法は、基板1上にn型GaN層2Aを成長させる工程と、前記n型GaN層2Aをエッチングし、そのc軸方向に対し複数の段差部5を設ける工程と、前記n型GaN層2A上に発光領域3を成長させる工程とを備える。また、段差部5の形状が前記半導体層のC面から見たとき発光領域3のA面と略平行な面を構成面とするように成長させ、かつ窒化ガリウムをa軸の方向に成長させることによ

り、前記段差部5にテーパ状の斜面を設けることを特徴

とする。

#### 【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。ただし、以下に示す実施例は、本発明の技術思想を具体化するための窒化物系化合物半導体発光素子およびその製造方法を例示するものであって、本発明は窒化物系化合物半導体発光素子およびその製造方法を下記のものに特定しない。

【0023】さらに、本明細書は、特許請求の範囲を理解し易いように、実施の形態に示される部材に対応する番号を、「特許請求の範囲の欄」、および「課題を解決するための手段の欄」に示される部材に付記している。ただ、特許請求の範囲に示される部材を、実施の形態の部材に特定するものでは決してない。なお、各図面が示す部材の大きさや位置関係などは、説明を明確にするため誇張していることがある。

【0024】本明細書において窒化物系化合物半導体とは、一般式として  $In_x Al_y Ga_{1-x-y} N$  ( $0 \leq x$ ,  $0 \leq y$ ,  $x+y \leq 1$ ) で表されるものである。また組成比  $x$  の値は単に一般式を示しているに過ぎず、例えば  $n$  型層の  $x$  と  $p$  型層の  $x$  とが同一の値を示すものではない。また同様に他の一般式で使用する  $y$  値についても、同一の一般式が同一の値を示すものではない。また、本明細書において窒化ガリウム ( $GaN$ ) とは、他の金属を含む合金をも意味するものとし、例えば  $AlGaIn$ 、 $InGaIn$ 、 $AlInGaIn$  などを含むものとする。

【0025】さらに本明細書中において表記する面指数と、実際の面指数との関係を図7に示す。以下本明細書では、図7の表記に従って面指数を特定する。なお各個の面方位は小括弧 (0001) で表現し、集散的な面方位は中括弧 {0001} で表現する。ここで集散的とは、ある面方位をその晶系が許すすべての対称操作によって到達できるすべての面方位の集合を意味する。

【0026】図3に、本発明の一実施例に係る窒化物系化合物半導体発光素子の断面図を示す。本発明者らは発光効率の改善を目指して鋭気研究を重ねた結果、発光素子の単位面積あたりにおける発光領域3の割合を増やすことを見出した。発光領域3の占める割合が増加すると、相対的に発光領域3の電流密度が下がるため、その結果として駆動電圧が低下し効率が上がることが期待できる。発光領域3の厚さは、一般に約3nm最適とされており、なおかつ従来の方法では、エピタキシャル成長させる際には表面がフラットな鏡面になるように成長させていたため、体積を増やすことができなかった。そこで、本発明では発光領域3に凹凸を設けてうねりを与えることにより、単位面積当たりの発光領域3の体積を増やしたものである。

【0027】図3に示すように、発光領域3には凹凸状の段差部5が設けられている。結晶成長する際、成長条

件に依存して成長し易い方向が存在する。例えば窒化ガリウムの成長方向は成長条件に応じて基本的に二つに決まり、窒化ガリウムのA面のa軸の方法に成長し易いという特徴がある。この窒化ガリウム系化合物の成長の方向性に注目し、結晶の軸に対応して面を作る性質を利用することで、結晶成長を垂直よりも斜め方向に成長させることで、段差部5に斜面を形成することが可能となる。垂直に成長させると、成長がとぎれてクラックやピットなどが生じやすくなるので、段差部5を斜めに成長させるように設けることで、欠陥の発生を抑えている。このように、窒化ガリウムをa軸の方向に成長することで、{1-101}面を斜めに露出させて各段差部5で発光領域3をかせぎ、最終的に発光領域3を多く積層できるため効率が改善される。

【0028】一般に窒化物系化合物半導体を成長させる場合、成長条件によって図8(a)～(c)に示すような成長パターンが考えられる。図8において、図8

(a)の成長パターンをAモード、図8(b)をBモード、図8(c)をCモードと呼ぶとすると、いずれのモードでも発光領域3の体積を増やすことが可能である。ただ、好ましくはAモードないしBモード、最も好ましくはAモードの成長パターンとなるように成長条件を設定することが好ましい。発光領域3となる活性層に  $In$  を含むとCモードのような成長が一般に得られ難くなる。また上述したように、Cモードのような垂直方向への成長ではクラックやピットの発生などにより品質や発光効率の低下が懸念される。このため、傾斜面を有するAモードないしBモードが好ましい。

【0029】また、エピタキシャル成長される発光領域3に凹凸形状を有することにより、発光出力を高めることができるという効果もある。従来の発光素子では、積層構造を原子レベルで制御する関係から、基板1を鏡面レベルにまで平坦にしておき、この上に成長される半導体層や発光領域3もこれに従って平坦であった。このため、一般に半導体層の屈折率が大いことから導波路が構成され、光の一部が外部に放出されることなく導波路内に捕捉されていた。このような光は各層の界面や基板1表面で反射されながら横方向に伝搬され、半導体層や電極に吸収されて減衰する。これに対し本発明では、発光領域3の段差部分で光が乱反射される結果、外部に取り出すことができる。エピタキシャル層中を横方向に伝搬する光が凹凸部分によって散乱、回折されて、素子の上面から放出され、あるいは下面で一旦反射されて上面で放出され、結果として外部に出射される光を増して外部量子効率を向上できるという効果もある。

#### 【0030】

【実施例】図3、図4は、本発明の一実施例に係る窒化物系化合物半導体発光素子を示す。これらの図に示す窒化物系化合物半導体発光素子は、基板1と、 $n$ 型  $GaN$  層2Aと、発光領域3と、 $p$ 型  $AlGaIn$  /  $p$ 型  $GaN$

系半導体4Aとを備える。基板1は、A面(11-20)にオリフラ面を有するC面(0001)サファイア基板1である。サファイア基板1に成長されるn型GaN層2Aには、段差部5が繰り返しパターンで形成されている。

【0031】また図4は、段差部5のパターンを示す平面図である。この図において斜線で示される部分はエッチングされる部分である。図に示す段差部5は、正三角形のパターンを構成している。ここで成長させる材料において他の面より成長速度の最も遅い面を成長安定面とすると、サファイア基板1における窒化物系化合物半導体の成長安定面は、(1-100)、(01-10)、(-1010)、すなわちM面となる。図4の段差部5である正三角形は、M面に対してほぼ平行な面に頂点を有しており、さらに成長安定面に対してほぼ平行な面と交叉する直線を構成辺とする。段差部5の深さは約1μm、一辺の大きさは約10μmであり、段差部5と段差部5との間隔は、隣接する段差部同士で対向する辺同士の間隔が約10μmである。

【0032】図3に示す窒化物系化合物半導体発光素子を作製する工程を、図5に基づいて説明する。以下の例では、MOVPE(有機金属気相成長法)を用いて窒化物半導体を成長させる例を示す。ただ、本発明の方法はMOVPE法に限るものではなく、例えばHVPE(ハライド気相成長法)、MBE(分子線気相成長法)等、窒化物半導体を成長させるのに知られているすべての方法を適用できる。

【0033】1. 図5(a)に示すように、基板1上にn型GaN層2Aを約4μm、結晶成長させる。基板1の種類は、窒化物半導体を成長させることが知られており、かつ窒化物半導体と異なる材料を用いる。例えば、サファイア(A1<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、スピネル(MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)、炭化珪素(SiC)の単結晶基板が用いられる。この例では、異種基板として2インチφのサファイア基板1上を使用している。サファイア基板1のC面(0001)を主面とし、オリエンテーションフラット面(以下「オリフラ」と呼ぶ。)をA面として、MOVPE反応容器内にセットする。ただ、C面に限られずA面に成長させることも可能である。温度を約500℃として、キャリアガスに水素、原料ガスにアンモニア(NH<sub>3</sub>)とトリメチルガリウム(Ga(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>:TMG)とを用い、サファイア基板1上にGaN層を成長させる。

【0034】なお窒素源のガスには、アンモニア、ヒドラジンなどの水素化合物ガスが使用できる。一方III族源のガスには、有機金属気相成長法であればTMG、TEG(トリエチルガリウム)などの有機Gaガス、あるいはHVPEではHClのようなIII族源と反応するハロゲン化水素ガス、もしくはハロゲン化水素ガスと反応したハロゲン化ガリウム(特にGaCl<sub>3</sub>)などをガ

リウム源として利用することができる。

【0035】2. n型GaN層2Aの上にエッチングを行う。まず図5(b)に示すように、エッチングマスクとなるSiO<sub>2</sub>膜6を成膜する。平面図から見たエッチングのパターンは、図4に示すように正三角形とし、一辺を約10μmとして各辺がn型GaN層2AのA面に平行になるような市松模様とする。このパターンによって段差部5が形成される。パターンは正三角形に限られず、例えば正六角形としてもよい。また、図6に示すようないずれのパターンをも使用できる。図4の例では、一辺が10μmの正三角形のフォトマスクを使用し、正三角形の一辺がオリフラ面と直角になるようにフォトマスクを合わせる。正三角形の各辺がサファイア基板1のM面とほぼ平行になるようにして、図5(c)、(d)に示すようにSiO<sub>2</sub>膜6とn型GaN層2A、サファイア基板1をRIE(反応性イオンエッチング)装置で約0.3μm、エッチングを行う。その後、図5(e)に示すようにSiO<sub>2</sub>膜6を除去すると、n型GaN層2Aの表面に図4に示すような段差部5が形成される。

【0036】3. 上記のパターンでエッチングしたn型GaN層2Aの上に、さらに図5(f)に示すように、第2のn型GaN層2Bを成長させる。温度を約1050℃として、アンモニアを0.27mol/min、TMGを225μmol/min(V/III比=1200)でアンドープGaNよりなる第2のn型GaN層2Bを、膜厚約0.1μm程度に成長させる。この結果、n型GaN層2Aはa軸の方向に成長して斜めにA面を露出させ、段差部5にテーパ状の斜面を設けている。

【0037】4. さらに図5(g)に示すように、この上に発光領域3となる活性層を結晶成長させる。活性層はMQW構造を6ペア積層している。図においては、MQWの各ペア層を特に図示せず、MQW全体として示している。

【0038】5. 成長された活性層の上にp型AlGaN/p型GaN系半導体4Aを成長させる。さらにデバイスプロセスを行い、電極などを適宜形成して発光素子であるLEDチップを作製する。この発光素子は、n型GaN層2Aおよびp型AlGaN/p型GaN系半導体4Aから、発光領域3に正孔および電子が注入され、再結合によって光が発生する。この光はサファイア基板1またはp型AlGaN/p型GaN系半導体層上のコンタクト層が透光性電極の場合は、フェイスアップ(FU)、反射電極の場合はフェイスダウン(FD)のいずれの場合にも利用できる。

【0039】以上の工程により作製された窒化物系化合物半導体素子の特性を測定した結果、光出力が12mW、駆動電圧が3.4Vの優れた特性を示した。比較のために、エッチングによる段差部5を形成しない他は上記と同一の材質、大きさ、工程で発光素子を作製して、

特性を測定した。その結果、光出力は 8 mW、駆動電圧は 3.6 V となった。このように、本発明の実施例に係る窒化物系化合物半導体発光素子では、より高い発光出力を得ることができ、さらに駆動電圧を低減することが確認された。

【0040】

【発明の効果】 以上のように、本発明の窒化物系化合物半導体発光素子およびその製造方法によれば、駆動電圧を改善すると共に発光効率を向上させることができる。それは、本発明の窒化物系化合物半導体発光素子およびその製造方法が、発光領域に凹凸状の段差部を設けることによって発光素子全体における単位面積当たりの発光領域の領域を増やし、発光領域の電流密度を下げるこ

【図面の簡単な説明】

【図 1】 従来の窒化物系化合物半導体発光素子を示す断面図である。

【図 2】 発光ダイオードの発光効率を示すグラフである。

【図 3】 本発明の一実施例に係る窒化物系化合物半導体発光素子を示す断面図である。

【図 4】 本発明の一実施例に係る窒化物系化合物半導体

発光素子における段差部のパターンを示す平面図である。

【図 5】 本発明の一実施例に係る窒化物系化合物半導体発光素子の製造工程を示す断面図である。

【図 6】 本発明の他の実施例に係る窒化物系化合物半導体発光素子における段差部の様々なパターンを示す平面図である。

【図 7】 面指数と本明細書で使用した表記の対照表である。

【図 8】 窒化物系化合物半導体の成長モードの概略を示す断面図である。

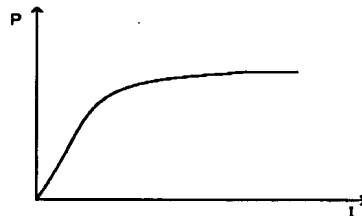
【符号の説明】

- 1…基板
- 2…n型半導体層
- 2A…n型Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>層
- 2B…第2のn型Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>層
- 3…発光領域
- 4…p型半導体層
- 4A…p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N/p型Ga<sub>0.9</sub>N系半導体
- 5…段差部
- 6…SiO<sub>2</sub>膜

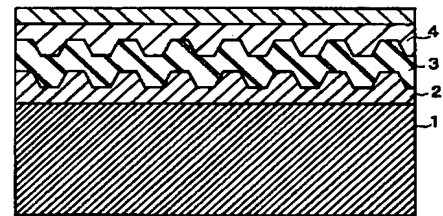
【図 1】



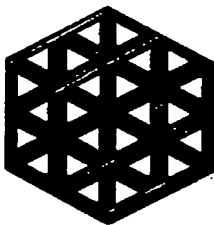
【図 2】



【図 3】



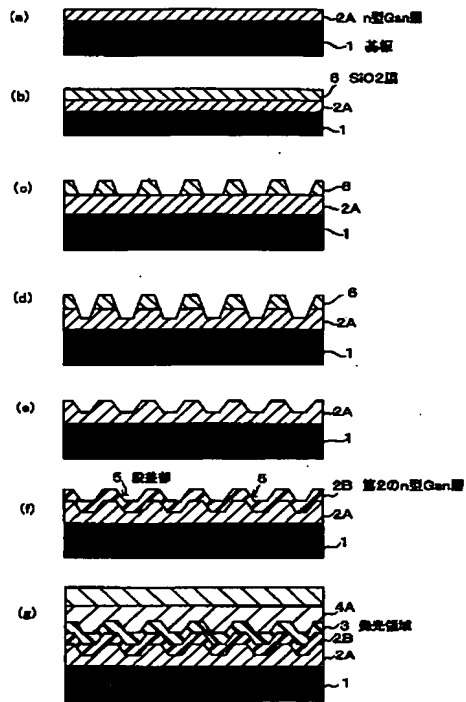
【図 4】



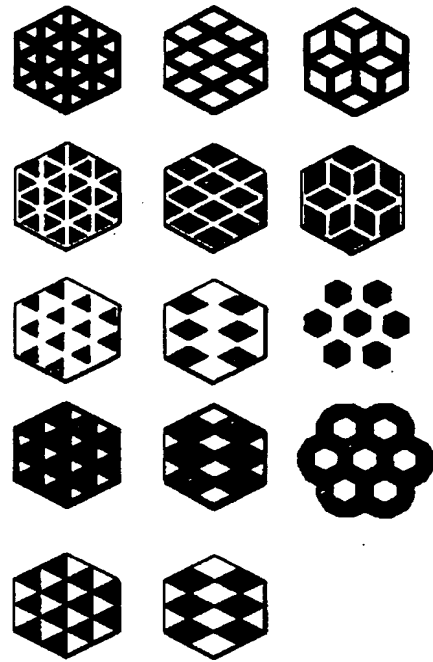
【図 7】

A面	
面指数	(11 $\bar{2}$ 0) (1 $\bar{1}$ 20) (2 $\bar{1}$ 10) ( $\bar{2}$ 110) (1 $\bar{2}$ 10) (12 $\bar{1}$ 0)
明細書中の表記	(11-20) (-1-120) (2-1-10) (-2110) (1-210) (12-10)
M面	
面指数	(1 $\bar{1}$ 00) (0 $\bar{1}$ 10) ( $\bar{1}$ 010) ( $\bar{1}$ 100) (01 $\bar{1}$ 0) (10 $\bar{1}$ 0)
明細書中の表記	(1-100) (0-110) (-1-101) (-1100) (10-10) (10-10)
R面	
面指数	(1 $\bar{1}$ 02) ( $\bar{1}$ 102) (0 $\bar{1}$ 12) (01 $\bar{1}$ 2) (10 $\bar{1}$ 2) ( $\bar{1}$ 012)
明細書中の表記	(1-102) (-1102) (0-112) (01-12) (10-12) (-1012)

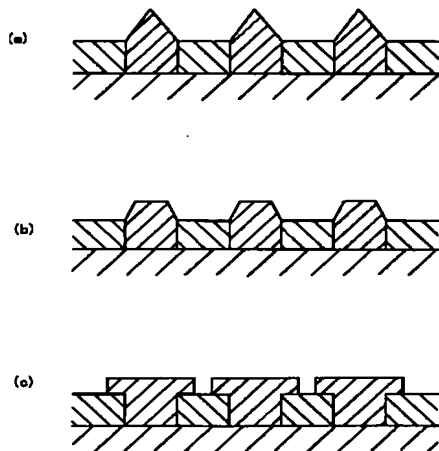
【図 5】



【図 6】



【図 8】





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**  
As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.